

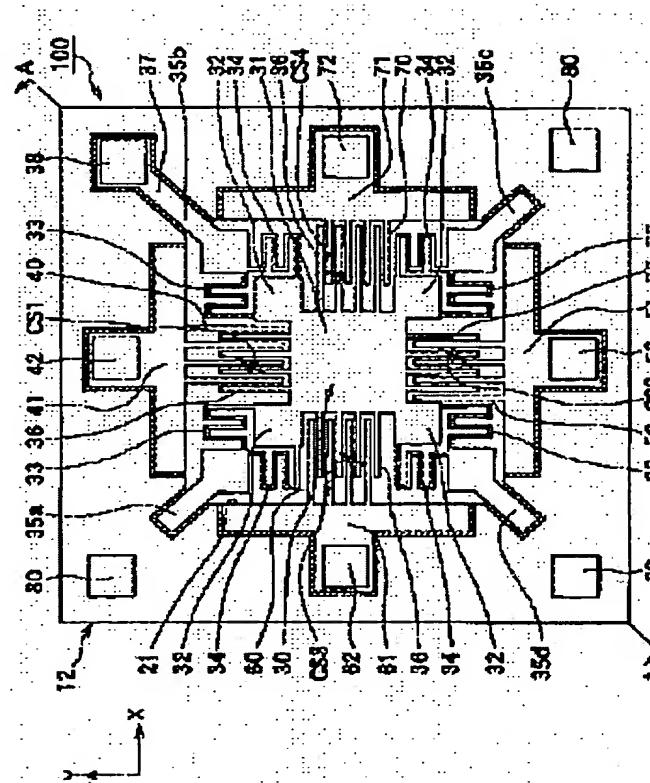
## SEMICONDUCTOR DYNAMIC QUANTITY SENSOR

**Patent number:** JP2002071708  
**Publication date:** 2002-03-12  
**Inventor:** ISHIO SEIICHIRO  
**Applicant:** DENSO CORP  
**Classification:**  
 - **international:** G01P15/125; G01C19/56; G01P9/04; G01P15/18; H01L29/84  
 - **european:**  
**Application number:** JP20000259400 20000829  
**Priority number(s):**

### Abstract of JP2002071708

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce errors of a sensor output by minimizing a difference in the parasitic capacitance generated between fixed electrodes in one pair in a semiconductor dynamic quantity sensor, which enables detection of a dynamic quantity generated in directions based on a change in the capacitance between a mobile electrode and pairs of fixed electrodes, by forming the mobile electrode displaceable in X and Y directions on a semiconductor board and the pairs of fixed electrodes respectively facing each other with a detection interval between the pairs thereof and the mobile electrode in the directions.

**SOLUTION:** Leaders 41, 51, 61 and 71 electrically connected to respective fixed electrodes separately and pads 42, 52, 62 and 72 for external connection electrically connected to the leaders are formed on the outer circumference parts of the individual first and second fixed electrodes 30 and 40 and 50 and 60, as viewed from the mobile electrode 30 out of a semiconductor substrate 12. The lengths of the leaders at the respective fixed electrodes can be made equal to each other as much as possible..





## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体よりなる半導体基板（12）と、この半導体基板に形成され力学量の印加に応じて前記半導体基板と平行な面内にて相直交する第1の方向（X）及び第2の方向（Y）へ変位可能な可動電極（30）と、

前記半導体基板のうち前記第1の方向に沿った前記可動電極の両端の外周部にそれぞれ形成され前記可動電極との間に第1の検出容量（CS1、CS2）を形成する一对の第1の固定電極（40、50）と、

前記半導体基板のうち前記第2の方向に沿った前記可動電極の両端の外周部にそれぞれ形成され前記可動電極との間に第2の検出容量（CS3、CS4）を形成する一对の第2の固定電極（60、70）と、

力学量の印加に応じて前記可動電極が前記第1の方向へ変位したとき、前記一对の第1の検出容量の変化に基づいて印加力学量を検出するようにし、

力学量の印加に応じて前記可動電極が前記第2の方向へ変位したとき、前記一对の第2の検出容量の変化に基づいて印加力学量を検出するようにした半導体力学量センサであって、

前記半導体基板のうち前記可動電極からみて個々の前記第1及び第2の固定電極の外周部には、個々の前記固定電極毎に電気的に接続された引き出し部（41、51、61、71）と、この引き出し部と電気的に接続された外部接続用のパッド部（42、52、62、72）とが形成されていることを特徴とする半導体力学量センサ。

【請求項 2】 前記半導体基板（12）は、一面側に開口する矩形状の開口部（21）を有する支持基板（20）の一面側に支持されており、

前記可動電極（30）は、前記開口部の略中央部に位置しており、

前記第1及び第2の固定電極（40～70）の各々は、前記開口部の各辺にそれぞれ振り分けられて配置されており、

前記第1及び第2の固定電極の各々に対応する前記引き出し部（41～71）及び前記パッド部（42～72）も、前記開口部の各辺にそれぞれ振り分けられて配置されていることを特徴とする請求項1に記載の半導体力学量センサ。

【請求項 3】 前記第1及び第2の固定電極（40～70）の各々、前記第1及び第2の固定電極の各々に対応する前記引き出し部（41～71）及び前記パッド部（42～72）は、前記可動電極（30）を中心として対称に配置されていることを特徴とする請求項1または2に記載の半導体力学量センサ。

【請求項 4】 前記第1の固定電極（40、50）の各々に対応する前記引き出し部（41、51）及び前記パッド部（42、52）は、前記第1の方向（X）に沿って配置されており、

前記第2の固定電極（60、70）の各々に対応する前記引き出し部（61、71）及び前記パッド部（62、72）は、前記第2の方向（Y）に沿って配置されていることを特徴とする請求項3に記載の半導体力学量センサ。

【請求項 5】 前記半導体基板（12）は矩形板状であり、

前記半導体基板の四隅部の少なくとも2箇所以上にワイヤボンディング用のパッド部（38、80）が形成されており、

これら少なくとも2個のパッド部の一方は、前記可動電極（30）と電気的に接続された可動電極用パッド部（38）であり、他方は前記半導体基板の電位を固定するための基板電位固定用パッド部（80）であることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1つに記載の半導体力学量センサ。

【請求項 6】 前記可動電極（30）は、矩形状の第1の錘部（31）と、この第1の錘部の四隅部から突出する第2の錘部（32）とを備えるものであることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1つに記載の半導体力学量センサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体基板に2軸方向に変位可能な可動電極、該可動電極と検出間隔を有して対向する固定電極を形成し、当該2つの軸方向へ発生する力学量を両電極間の容量変化に基づいて検出可能な半導体力学量センサに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来一般に、1軸方向へ発生する力学量を検出するものとして、半導体基板に所定の1軸方向へ変位可能な可動電極と、可動電極と検出間隔を有して対向する固定電極とを形成し、当該1軸方向へ加速度等の力学量が印加されたときに両電極の容量変化に基づいて印加力学量を検出する半導体力学量センサがある。

【0003】しかしながら、近年、2つの軸方向の力学量を検出可能な半導体力学量センサ（以下、2軸センサという）のニーズが高まっている。例えば、自動車のエアバッグ制御システムにおいては、前面衝突と側面衝突との2方向からの加速度（衝撃）を検出する必要がある。ここで、当該システムに対して1軸方向のみ検出可能な加速度センサを用いた場合、少なくとも2個の加速度センサが必要となる。

【0004】すると、センサの配置スペースが大きくなったり、各センサ毎に制御用の回路を設置しなければならない等、システム全体の体格が大きくなってしまうという問題が生じる。その点、上記2軸センサを用いれば、そのような問題を解決する上で非常に有利である。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】そこで、上記の事情に

鑑みて本発明者は、2軸センサの試作検討を行った。図5は、本発明者が試作した2軸方向の加速度を検出可能な2軸センサの概略平面構成を示す図である。

【0006】図5において、12はシリコン等の半導体よりなる半導体基板であり、この半導体基板12に対して、溝を形成することによって、半導体基板12には、可動部としての可動電極30と、固定部としての固定電極40、50、60、70とが区画形成されている。

【0007】可動電極30は、加速度の印加に応じて半導体基板12と平行な面内にて相直交する第1の方向及び第2の方向へ変位可能なものである。図5においては、可動電極30は、梁部33、34を介して半導体基板12に弾性的に支持されており、図中のX方向（第1の方向）へ加速度が発生したときには梁部33によって当該X方向へ、また、当該X方向と直交するY方向（第2の方向）へ加速度が発生したときには梁部34によって当該Y方向へ変位可能となっている。

【0008】また、可動電極30におけるX方向の両端及びY方向の両端は、櫛歯状に突出する櫛歯部（可動歯部）36として構成されている。また、固定電極40～70は、半導体基板12のうち可動電極30におけるX方向の両端の外周部及びY方向の両端の外周部に、それぞれ配置され、半導体基板12に固定支持されている。各固定電極40～70は、櫛歯状をなし、各々対向する可動歯部36の隙間に噛み合うように配置されている。

【0009】ここで、X方向に沿った可動電極30の両端の外周部に形成された一対の固定電極40、50を第1の固定電極とすると、互いに対向する第1の固定電極40、50と可動電極30の可動歯部36との間に第1の検出容量が形成される。この第1の検出容量は、一方（図中、上側）の第1の固定電極40と可動歯部36との間の検出容量CS1と、他方（図中、下側）の第1の固定電極50と可動歯部36との間の検出容量CS2とによりなる。

【0010】また、Y方向に沿った可動電極30の両端の外周部に形成された一対の固定電極60、70を第2の固定電極とすると、互いに対向する第2の固定電極60、70と可動電極30の可動歯部36との間に第2の検出容量が形成される。この第2の検出容量は、一方（図中、左側）の第2の固定電極60と可動歯部36との間の検出容量CS3と、他方（図中、右側）の第2の固定電極70と可動歯部36との間の検出容量CS4とによりなる。これら各検出容量CS1～CS4は、図5中にコンデンサ記号にて示してある。

【0011】また、各固定電極40、50、60、70に対応して引き出し部41、51、61、71及びパッド部42、52、62、72が形成され、各固定電極40～70は引き出し部41～71を介してパッド部42～72に電気的に接続されている。また、可動電極30

にも対応して引き出し部37及びパッド部38が形成され、可動電極30は引き出し部37を介してパッド部38に電気的に接続されている。

【0012】さらに、半導体基板12の周辺部には、これら各電極とは電気的に独立したパッド部80が形成されており、このパッド部80は、半導体基板12の周辺部の電位を固定しておくための基板電位固定パッド部として構成されている。なお、図示しないが、上記の各パッド部38、42～72、80は、ワイヤボンディング等により外部の回路や配線部材と結線され、電気的に接続される。

【0013】そして、加速度の印加に応じて可動電極30がX方向（第1の方向）へ変位したとき、第1の検出容量CS1、CS2の変化に基づいて印加加速度を検出するようにし、加速度の印加に応じて可動電極30がY方向（第2の方向）へ変位したとき、第2の検出容量CS3、CS4の変化に基づいて印加加速度を検出するようになっている。

【0014】しかしながら、上記試作品においては、従来の半導体力学量センサにおける一般的なパッド部の配置、即ち、半導体基板12の一辺側に各パッド部を集めた配置構成としているため、次のような検出誤差の問題が発生する。図6に、上記図5に示す加速度センサの等価回路を模式的に示し、X方向の加速度検出を行う場合を例にとって検出誤差の問題を説明する。

【0015】ここで、可動電極30及び一対の第1の固定電極40、50と半導体基板12の周辺部とは、溝を介して電気的に区画されているため、図6に示す様に、上記第1の検出容量CS1、CS2に加えて、各電極30、40、50と半導体基板12の周辺部との間に寄生容量CP1～CP3が存在する。

【0016】寄生容量CP1は、一方の第1の固定電極40と半導体基板12の周辺部との間に形成される寄生容量、寄生容量CP2は、他方の第1の固定電極50と半導体基板12の周辺部との間に形成される寄生容量、寄生容量CP3は、可動電極30と半導体基板12の周辺部との間に形成される寄生容量である。

【0017】このような回路構成にあっては、一対の第1の固定電極40、50間（パッド部42と52の間）に電圧Vを印加したとき、X方向への加速度は、下記の数式1に示す様に、電圧値V0として出力される。

【0018】

$$[数1] V0 = \{ (CS1 - CS2) + (CP1 - CP2) \cdot CP3 \} \cdot V / Cf$$

ここで、上記数式1中のCfは、検出された容量の変化を電圧値に変換するために検出回路側に設けられたスイッチドキャパシタ回路の帰還容量である。このように、加速度は検出容量の差分（CS1 - CS2）に基づいて検出されるが、センサの出力誤差（オフセット）を小さくするためには、寄生容量による誤差（CP1 - CP2）

2)・CP3を小さくする必要がある。

【0019】しかし、上記試作品においては、半導体基板12の一辺側に各パッド部を集めた配置構成としており、一対の第1の固定電極40、50において、互いの引き出し部41、51の長さが異なる。そして、各固定電極40、50の寄生容量CP1、CP2は、それぞれの引き出し部41、51も含めた容量であるため、両寄生容量CP1とCP2とを等しくすることは困難である。

【0020】つまり、一対の第1の固定電極40、50において、半導体基板12の周辺部と各引き出し部41、51との間に発生する寄生容量を互いに同程度とすることにより、結果的に一対の第1の固定電極40、50間の寄生容量CP1、CP2を同程度とすることが必要となってくる。このことは、上記試作品においてY方向の加速度を検出するための一対の第2の固定電極60、70についても同様である。

【0021】また、上記試作品において、半導体基板12を支持する支持基板が設けられている場合には、一対の固定電極における支持基板との間に形成される寄生容量についても、上記と同様の問題が発生する。いずれにせよ、これら引き出し部と他の電気的に区画された部位との間に寄生容量が形成されると、一対の固定電極の引き出し部の長さが異なることによって寄生容量の差が生じ、センサ出力の誤差も問題となってくる。

【0022】そこで、本発明は上記問題に鑑み、半導体基板に2軸方向へ変位可能な可動電極を形成すると共に、各方向において該可動電極と検出間隔を有して対向する一対の固定電極を形成し、当該2つの軸方向へ発生する力学量を可動電極と各一対の固定電極との間の容量変化に基づいて検出可能とした半導体力学量センサにおいて、一対の固定電極間に発生する寄生容量の差を小さくし、センサ出力の誤差を低減することを目的とする。

【0023】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記試作品に示したような相直交する2軸方向に検出可能な2軸検出型の半導体力学量センサにおいて、第1及び第2の固定電極のそれについて、一対の固定電極の各引き出し部同士の長さを同程度とすることで、一対の固定電極間に発生する寄生容量を同程度とすることに着目し、鋭意検討した結果、創出されたものである。

【0024】即ち、請求項1記載の発明では、2軸検出型の半導体力学量センサにおいて、半導体基板(12)のうち可動電極(30)からみて個々の第1及び第2の固定電極(30、40、50、60)の外周部に、個々の固定電極毎に電気的に接続された引き出し部(41、51、61、71)と、この引き出し部と電気的に接続された外部接続用のパッド部(42、52、62、72)とを形成したことを特徴としている。

【0025】本発明によれば、可動電極を中心にして第1の

方向及び第2の方向に沿った形で4方向に固定電極がそれぞれ配置され、個々の固定電極の更に外側に、固定電極の引き出し部及びパッド部が配置された形となる。そのため、各固定電極について固定電極とパッド部とを近接して配置させることができ、各固定電極における固定電極とパッド部との距離も互いに同程度とすることが容易にできる。

【0026】つまり、各固定電極において引き出し部の長さを極力短くでき、且つ、各引き出し部の長さも互いに極力同程度とすることが可能となるため、各々の引き出し部に発生する寄生容量を小さいものにできるとともに、互いに近い値とすることができる。

【0027】このように、本発明によれば、一対の固定電極における各引き出し部に発生する寄生容量の差を小さくすることができるため、結果的に一対の固定電極間に発生する寄生容量の差を小さくすることができ、センサ出力の誤差を低減することができる。

【0028】また、請求項2記載の発明は、請求項1記載の半導体力学量センサの具体的構成を提供するものであり、半導体基板(12)を、一面側に開口する矩形状の開口部(21)を有する支持基板(20)の一面側に支持されたものとし、可動電極(30)を、開口部の略中央部に位置させ、第1及び第2の固定電極の各々を開口部の各辺にそれぞれ振り分けて配置し、第1及び第2の固定電極(40～70)の各々に対応する引き出し部(41～71)及びパッド部(42～72)も、開口部の各辺にそれぞれ振り分けて配置したことを特徴としている。

【0029】ところで、実際のセンサにおいては、寄生容量差以外にも、引き出し部の配線抵抗の差もセンサ出力の誤差の要因となる。その点、請求項3記載の発明によれば、第1及び第2の固定電極(40～70)の各々、第1及び第2の固定電極の各々に対応する引き出し部(41～71)及びパッド部(42～72)が、可動電極(30)を中心として4方向に対称配置されることとなる。そのため、各引き出し部の配線抵抗を略同一とすることができ、センサ出力の誤差を、より高いレベルにて抑制することが可能となる。

【0030】さらに、請求項4記載の発明によれば、第1の固定電極(40、50)の各々に対応する引き出し部(41、51)及びパッド部(42、52)を、第1の方向(X)に沿って配置し、第2の固定電極(60、70)の各々に対応する引き出し部(61、71)及びパッド部(62、72)を、第2の方向(Y)に沿って配置したことを特徴としている。

【0031】それによれば、上記請求項3記載の対称配置構成において、第1及び第2の固定電極の各々に対応する引き出し部及びパッド部が、第1の方向または第2の方向に沿って配置されるため、個々の固定電極とパッド部との距離を実質的に最短距離とすることができます。

そのため、各引き出し部の配線抵抗、更には各引き出し部に発生する寄生容量を最小レベルに抑えることができ、好ましい。

【0032】また、請求項5記載の発明によれば、半導体基板を矩形板状とし、半導体基板の四隅部の少なくとも2箇所以上にワイヤボンディング用のパッド部(38、80)を形成し、これら少なくとも2個のパッド部の一方を、可動電極(30)と電気的に接続された可動電極用パッド部(38)とし、他方を半導体基板の電位を固定するための基板電位固定用パッド部(80)としたことを特徴としている。

【0033】この種の半導体力学量センサにおいては、可動電極用のパッド部や基板電位固定用のパッド部が必要となる。その場合、形成されたこれらのパッド部によって半導体基板に応力が発生するため、これらパッド部を半導体基板に形成するにあたっては、当該応力のバランスを均一にすることが好ましい。

【0034】その点、請求項5の発明によれば、可動電極や基板電位固定用のパッド部を、矩形板状の半導体基板における四隅部の少なくとも2箇所に形成するようしているから、これらのパッド部により半導体基板に発生する応力のバランスを、比較的均一化することができ、好ましい。

【0035】また、請求項6記載の発明によれば、可動電極(30)を、矩形状の第1の錘部(31)と、この第1の錘部の四隅部から突出する第2の錘部(32)とを備えるものとしたことを特徴としている。それによれば、第1の錘部の四隅部に更に第2の錘部が設けられているため、可動電極全体の重さを効果的に稼ぐことができる。

【0036】なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示す一例である。

### 【0037】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図に示す実施形態について説明する。本実施形態は、2軸検出型の半導体力学量センサとして、差動容量式の半導体加速度センサについて本発明を適用したものである。図1に半導体加速度センサ100の平面構成を示し、図2に図1中のA-A線に沿った模式的な断面構造を示す。

【0038】半導体加速度センサ(以下、単にセンサという)100は、半導体基板に周知のマイクロマシン加工を施すことにより形成される。本例では、センサ100は、図2に示す様に、第1の半導体基板としての第1シリコン基板11と第2の半導体基板としての第2シリコン基板12との間に絶縁層としての酸化膜13を有する矩形板状のSOI(シリコン-オン-インシュレータ)基板10に形成されている。

【0039】ここで、第2シリコン基板12が本発明でいう半導体基板であり、第1シリコン基板11及び酸化

膜13は、第2シリコン基板12を支持する支持基板20として構成されている。この支持基板20には、一面側(酸化膜13側)に開口する開口部21が形成されている。

【0040】また、第2シリコン基板12には、溝を形成することにより、可動部としての可動電極30と、この可動電極30と電気的に区画された固定部としての各固定電極40、50、60、70よりなる櫛歯形状を有する梁構造体が形成されている。ここで、上記開口部21は、本例では、上記梁構造体30～70と対応した支持基板20の領域を厚み方向に貫通する矩形状の穴として構成されている。

【0041】可動電極30は、加速度の印加に応じて第2シリコン基板(半導体基板)12と平行な面内にて相直交する第1の方向X及び第2の方向Y(各方向は、図1中の矢印X、Yにて図示)へ変位可能なものである。本例では、可動電極30は、矩形状の開口部21の略中央部に位置し、矩形状の第1の錘部31と、この第1の錘部31の四隅部から突出する第2の錘部32とを備える。

【0042】そして、可動電極30は、第2の錘部32にて、支持基板20における開口部21の縁部に弾性的に支持されている。本例では、開口部21の四隅の縁部において、各第2の錘部32が、第1の方向Xに弾性変形可能な第1の梁部33及び第2の方向Yに弾性変形可能な第2の梁部34を介して、アンカーパート35a、35b、35c、35dに連結されている。

【0043】これらアンカーパート35a～35dは、図2に示す様に、開口部21の縁部において、酸化膜13を介して第1シリコン基板11に支持固定されている。これにより、可動電極30及び各梁部33、34は、開口部21に臨んだ状態となっている。

【0044】また、各梁部33、34は、複数の梁が折り返し形状に連結されたものであり、連結された各梁が梁の長手方向にたわむことにより、弾性変形するようになっている。そして、可動電極30は各梁部33、34のバネ機能により、次のように変位可能となっている。

【0045】即ち、可動電極30は、第1の方向Xの成分を含む加速度を受けたときに第1の方向Xへ変位するとともに、加速度の消失に応じて元の状態に復元する。一方、可動電極30は、第2の方向Yの成分を含む加速度を受けたときに第2の方向Yへ変位するとともに、加速度の消失に応じて元の状態に復元する。

【0046】ここで、各梁部33、34の構成上、可動電極30が、両方向X、Yの両方(つまり、斜め)に変位することは、抑制されるようになっている。つまり、可動電極30は、実質的に、加速度成分の大きさに応じて実質的に第1の方向Xへのみ、または第2の方向Yへのみ変位するようになっている。

【0047】また、可動電極30における第1の方向X

の両端及び第2の方向Yの両端は、櫛歯状に突出する櫛歯部（以下、可動櫛歯部という）36として構成されている。本例では、第1の錐部31における第2の錐部32の間に各辺において、4本ずつ突出する棒状部を形成することにより、各々可動櫛歯部36が形成されている。

【0048】また、固定電極40～70は、第2シリコン基板12のうち第1の方向Xに沿った可動電極30の両端の外周部にそれぞれ形成され、可動電極30との間に第1の検出容量CS1、CS2を形成する一対の第1の固定電極40、50と、第2の方向Yに沿った可動電極30の両端の外周部にそれぞれ形成され、可動電極30との間に第2の検出容量CS3、CS4を形成する一対の第2の固定電極60、70とにより構成されている。

【0049】これら第1及び第2の固定電極40、50、60、70の各々は、本例では、櫛歯状をなしており、開口部21の各辺にそれぞれ振り分けられて配置されている。各固定電極40～70は、開口部21の縁部において、上記アンカー部35a～5dと同様に、酸化膜13を介して第1シリコン基板11に片持ち状に支持固定されており、開口部21に臨んだ状態となっている。

【0050】そして、各固定電極40～70は、各々対向する可動櫛歯部36の隙間に噛み合うように配置され、噛み合った互いの櫛歯の側面の間に、可動電極30と各固定電極40～70との間に検出容量CS1～CS4が形成されることとなる。これら各検出容量CS1～CS4は、図1中にコンデンサ記号にて示す。

【0051】ここで、互いに対向する第1の固定電極40、50と可動電極30の可動櫛歯部36との間に第1の検出容量CS1、CS2が形成される。この第1の検出容量は、一方（図1中、上側）の第1の固定電極40と可動櫛歯部36との間の検出容量CS1と、他方（図1中、下側）の第1の固定電極50と可動櫛歯部36との間の検出容量CS2ととなる。

【0052】また、互いに対向する第2の固定電極60、70と可動電極30の可動櫛歯部36との間に第2の検出容量CS3、CS4が形成される。この第2の検出容量は、一方（図1中、左側）の第2の固定電極60と可動櫛歯部36との間の検出容量CS3と、他方（図1中、右側）の第2の固定電極70と可動櫛歯部36との間の検出容量CS4となる。

【0053】次に、本実施形態の主特徴部分であるセンサ100におけるパッド部周辺の構成について述べる。

【0054】第2シリコン基板（半導体基板）12のうち可動電極30側からみて個々の第1及び第2の固定電極40、50、60、70の外周部には、個々の固定電極40～70毎に、個々の固定電極40～70と電気的に接続された引き出し部41、51、61、71が形成

されており、更に、個々の引き出し部41～71毎に、個々の引き出し部41～71と電気的に接続された外部接続用のパッド部42、52、62、72が形成されている。

【0055】つまり、各固定電極40～70は、それぞれ引き出し部41～71を介してパッド部42～72に電気的に接続されている。本例では、第1及び第2の固定電極40～70の各々に対応する引き出し部41～71及びパッド部42～72も、各固定電極40～70と同様に、上記した開口部21の各辺にそれぞれ振り分けられて配置されている。

【0056】こうして、第1及び第2の固定電極40～70の各々、第1及び第2の固定電極40～70の各々に対応する引き出し部（固定電極用引き出し部）41～71及びパッド部（固定電極用パッド部）42～72は、可動電極30を中心として対称に配置された構成となっている。

【0057】更に本例では、第1の固定電極40、50の各々に対応する固定電極用引き出し部41、51及び固定電極用パッド部42、52は、第1の方向Xに沿って配置されており、第2の固定電極60、70の各々に対応する固定電極用引き出し部61、71及び固定電極用パッド部62、72は、第2の方向Yに沿って配置されている。

【0058】また、可動電極30に対しても、引き出し部（可動電極用引き出し部）37及びパッド部（可動電極用パッド部）38が形成され、可動電極30は、可動電極用引き出し部37を介して可動電極用パッド部38に電気的に接続されている。この可動電極用パッド部38は、本例では、1つのアンカー部35bから連続的に形成された引き出し部37を介して可動電極30に電気的に導通している。

【0059】さらに、第2シリコン基板12の周辺部には、上記可動及び固定の各電極30～70とは電気的に独立したパッド部80が形成されており、このパッド部80は、第2シリコン基板12のうち各電極30～70以外の部位即ち第2シリコン基板12の周辺部の電位を固定しておくための基板電位固定用パッド部として構成されている。

【0060】ここで、本例では、基板電位固定用パッド部80は3個設けられており、実際には、これら3個のパッド部80のうち少なくとも1個が使用されるようになっている。そして、可動電極用パッド部38及び基板電位固定用パッド部80の4個のパッド部は、矩形板状の第2シリコン基板（半導体基板）12の四隅部に対称的に配置されている。

【0061】なお、当然ではあるが、上記各パッド部及び引き出し部は、それに対応する電極と電気的に導通しており、また、互いの各パッド部及び引き出し部は、図1に示す様に、第2シリコン基板12に形成された溝

(エアーアイソレーション、図1では便宜上、斜線ハッチングにて図示してあり酸化膜13が見えている部分である)を介して電気的に絶縁されている。そして、各引き出し部及びパッド部は、支持基板20上に支持されている。

【0062】そして、上記各パッド部38、42~72、80は、例えばアルミニウムよりなるものであり、また、図示しないが、上記各パッド部は、ワイヤボンディング等により外部の回路や配線部材と結線され、電気的に接続される。

【0063】以上が、本実施形態におけるパッド部周辺の構成である。次に、上記構成に基づき、本実施形態に係るセンサ100の製造方法の一例を説明する。

【0064】図3に、上記センサ100の製造工程を上記図2に対応した模式的な断面図として示す。まず、図3(a)に示す様に、上記したシリコン酸化膜13を介して、例えば表面の面方位が(100)に設定された単結晶シリコンウェハよりなる第1及び第2シリコン基板11、12を接合したSOI基板10を用意する(加工されていない状態を示す)。

【0065】次に、図3(b)に示す電極パッド形成工程を実行する。この工程では、第2シリコン基板12上の全面にアルミニウムを例えば1μm程度の膜厚となるように蒸着した後に、そのアルミニウム膜をフォトリソグラフィ技術及びエッチング技術を利用してパターニングすることにより、上記各パッド38、42~72、80(図3中、可動電極用パッド部38と1個の基板電位固定用パッド部80以外は図示せず)を形成する。

【0066】この状態から、図3(c)に示す寸法調整工程を実行する。この工程では、第1シリコン基板11の表面(酸化膜13と反対側の面)側に切削・研磨加工を施すことによって、当該基板11の厚さ寸法が例えば300μmとなるように調整し、その加工面に鏡面仕上げを施す。

【0067】このように、第1シリコン基板11の厚さ寸法を300μmまで減らすのは、後で述べるように、異方性エッチングにより開口部21を形成する際にそのエッチング深さを低減し、以って異方性エッチングに起因するチップ設計寸法の拡大を防止するためである。

【0068】次に、図3(d)に示すマスク形成工程を実行する。この工程では、第1シリコン基板11の表面(鏡面加工面)の全面に、シリコン塗化膜を例えばプラズマCVD法によて0.5μm程度の膜厚となるように堆積した後、そのシリコン塗化膜をフォトリソグラフィ技術及びエッチング技術を利用してパターニングすることにより、開口部21をエッチングによって形成する際のマスクM1を形成する。

【0069】この後、図3(e)に示す溝(トレンチ)形成工程を実行する。この工程では、第2シリコン基板12及び各パッド部38、42~72、80上にドライ

エッチ耐性があるレジスト(図示せず)をマスクとして形成し、ドライエッチング装置により異方性ドライエッチングを実行することにより、第2シリコン基板12中に、シリコン酸化膜13に達する溝T1を形成する。

【0070】このとき、第2シリコン基板12に、図1に示したような可動電極30及び固定電極40~70(固定電極40~70は図示せず)からなる梁構造体のパターン、及び、各パッド部及び引き出し部を電気的に区画するための溝(エアーアイソレーションのパターンが形成される)。

【0071】この状態から、図3(f)に示す第1のエッチング工程を実行する。この第1のエッチング工程では、第1シリコン基板11を、マスクM1を使用し且つ例えばKOH水溶液を利用して表面(シリコン酸化膜13と反対側の面)側から選択エッチングする。

【0072】例えば、第1シリコン基板11の膜厚が10μm程度残存することを目標にしてエッチング時間を管理する。また、具体的には図示しなかったが、この第1のエッチング工程の実行前には、SOI基板10の表面側をレジストにより覆っておくものであり、このレジストは、例えば第1のエッチング工程終了後に除去するようしている。

【0073】次に、図3(g)に示す第2のエッチング工程を実行する。この第2のエッチング工程では、第1シリコン基板11の表面側から、例えばプラズマエッチング装置を利用したドライエッチングを施すことにより、第1のエッチング工程においてシリコン酸化膜13との間に残した膜厚数μm程度の第1シリコン基板11を除去し、以ってシリコン酸化膜13の裏面(下面)を露出させる。なお、このようなドライエッチングに伴い、マスクM1も同時に除去されることになる。

【0074】次に、第3のエッチング工程(リリース工程)を実行する。この第3のエッチング工程では、HF系のエッチング液によりエッチングを施すことにより、シリコン酸化膜13を除去する。このような第3のエッチング工程の実行に応じて、開口部21が形成されるとともに、可動電極30及び固定電極40~70がリリースされることになる。こうして、図1及び図2に示すセンサ100が完成する。

【0075】かかるセンサ100の作動について述べる。上述したように、センサ100においては、加速度の印加に応じて可動電極30が第1の方向Xへ変位したとき、第1の検出容量CS1、CS2の変化に基づいて印加加速度を検出するようにし、加速度の印加に応じて可動電極30が第2の方向Yへ変位したとき、第2の検出容量CS3、CS4の変化に基づいて印加加速度を検出するようになっている。

【0076】例えば、加速度が第1の方向Xに沿って図1中の右向き(+X方向)へ印加されたとすると、可動電極30は、第1の方向Xに沿って図1中の左向き(-

X方向)へ変位する。このとき、一方(図1中、上側)の第1の固定電極40と可動歯部36との間隔が広がって検出容量CS1が減少し、他方(図1中、下側)の第1の固定電極50と可動歯部36との間隔が縮まって検出容量CS2が増加する。

【0077】ここで、本センサ100における加速度検出の等価回路は、上記図6と同様であり、容量差(CS2-CS1)を、図示しない外部の検出回路にてC-V変換することにより、上記式1に示したように、出力が電圧値V0として得られる。なお、このとき、第2の検出容量CS3、CS4の変化は、非常に小さいため無視することができる。ここで、改めて、上記式1と同様の式を次の式2として示しておく。

【0078】

$$【数2】 V_0 = \{ (CS_1 - CS_2) + (CP_1 - CP_2) \cdot CP_3 \} \cdot V / C_f$$

ここで、上記式1と同じく、Vは、一对の第1の固定電極40、50間(パッド部42と52の間)に印加される電圧であり、Cfは、検出回路側に設けられたスイッチドキャパシタ回路の帰還容量である。また、CP1は、一方の第1の固定電極40と第2シリコン基板(半導体基板)12の周辺部との間に形成される寄生容量、CP2は、他方の第1の固定電極50と第2シリコン基板12の周辺部との間に形成される寄生容量である。

【0079】一方、例えば、加速度が第2の方向Yに沿って図1中の上向き(+Y方向)へ印加されたとすると、可動電極30は、第2の方向Yに沿って図1中の下向き(-Y方向)へ変位する。このとき、一方(図1中、左側)の第2の固定電極60と可動歯部36との間隔が広がって検出容量CS3が減少し、他方(図1中、右側)の第2の固定電極70と可動歯部36との間隔が縮まって検出容量CS4が増加する。

【0080】この第2の方向Yにおける加速度検出の等価回路も上記図6に示される。そして、容量差(CS4-CS3)を、同様にC-V変換することにより、次の式3に示す様に出力が電圧値V0として得られる。

【0081】

$$【数3】 V_0 = \{ (CS_4 - CS_3) + (CP_4 - CP_5) \cdot CP_3 \} \cdot V / C_f$$

ここで、V及びCfは、上記式1、2と同じであり、また、CP4は、一方の第2の固定電極60と第2シリコン基板12の周辺部との間に形成される寄生容量、CP5は、他方の第2の固定電極70と第2シリコン基板12の周辺部との間に形成される寄生容量である。

【0082】上記式2及び式3からわかるように、センサ出力の誤差を低減するためには、第1の固定電極40、50及び第2の固定電極60、70のそれれにおいて、固定電極と第2シリコン基板12の周辺部との間に形成される一对の寄生容量の差(CP1-CP2)、(CP4-CP5)を極力同程度とすることが必

要である。

【0083】ここにおいて、本実施形態によれば、可動電極30を中心とし、第1の方向X及び第2の方向Yに沿った形で4方向に固定電極30がそれぞれ配置され、個々の固定電極40、50、60、70の更に外側に、各固定電極用引き出し部41、51、61、71及び各固定電極用パッド部42、52、62、72が配置された形となっている。

【0084】そのため、上記図5に示した試作品のように、半導体基板12の一辺側に各パッド部を集めた配置構成に比べて、各固定電極40~70について固定電極40殻70と固定電極用パッド部42~72を近接して配置させることができ、各固定電極40~70における固定電極40~70と固定電極用パッド部42~72との距離も互いに同程度とすることができる。

【0085】それにより、各固定電極40~70において引き出し部41~71の長さを極力短くでき、且つ、各引き出し部41~71の長さも互いに極力同程度とすることが可能となるため、各々の引き出し41~71部に発生する寄生容量を小さいものとできるとともに、互いに近い値とすることができる。

【0086】このように、本実施形態によれば、一对の固定電極における各引き出し部に発生する寄生容量の差を小さくすることができるため、結果的に、第1及び第2の固定電極40~70において、一对の固定電極間に発生する寄生容量の差(CP1-CP2)、(CP4-CP5)を小さくし、センサ出力の誤差を低減することができる。

【0087】なお、本実施形態では、第2シリコン基板12において固定電極用引き出し部41~71が形成されている部位は、酸化膜13を介して第1シリコン基板11に支持されている。そのため、各引き出し部41~71には、第1シリコン基板11との間に寄生容量が形成され、この寄生容量もセンサ出力に影響する。

【0088】しかし、本実施形態によれば、第1の固定電極40、50における一对の引き出し部41、51の長さを、極力短く且つ互いに同程度とし、第2の固定電極60、70における一对の引き出し部61、71の長さを、極力短く且つ互いに同程度としている。そのため、第1シリコン基板11との間の寄生容量についても、一对の固定電極間に発生する寄生容量差を小さくすることができ、センサ出力の誤差への影響は小さい。

【0089】また、上記センサ100においては、上記の寄生容量差以外にも、引き出し部41~71の配線抵抗の差もセンサ出力の誤差の要因となる。本実施形態によれば、上記したように、第2シリコン基板12のうち可動電極30からみて個々の第1及び第2の固定電極40~70の外周部に、個々の固定電極毎に固定電極用引き出し部41~71及び固定電極用パッド部42~72が形成されれば、これら各引き出し部及びパッド部

の配置は、可動電極30を中心として対称でなくとも良い。

【0090】しかし、その場合、各固定電極用引き出し部41～71の長さが多少異なるため、各引き出し部41～71の配線抵抗に差が生じる。その点、上記センサ100においては、好ましい形態として、第1及び第2の固定電極40～70の各々、第1及び第2の固定電極の各々に対応する引き出し部41～71及びパッド部42～72が、可動電極30を中心として4方向に対称配置している（以下、パッド部等の対称配置構成という）。

【0091】このパッド部等の対称配置構成によれば、各固定電極用引き出し部41～71の長さを、より互いに近いものとすることができます。そのため、各固定電極用引き出し部41～71の配線抵抗を略同一とすることができます、センサ出力の誤差を、より高いレベルにて抑制することが可能となる。

【0092】さらに、上記のパッド部等の対称配置構成におけるより好ましい形態として、上記センサ100においては、第1及び第2の固定電極40～70の各々に対応する引き出し部41～71及びパッド部42～72を、第1の方向Xまたは第2の方向Yに沿って配置した構成を採用している。

【0093】それによれば、個々の固定電極40～70と固定電極用パッド部42～72との距離を実質的に最短距離とすることができます。そのため、各固定電極用引き出し部41～71の配線抵抗、更には各固定電極用引き出し部41～71に発生する寄生容量を最小レベルに抑えることができ、好ましい。

【0094】また、上記センサ100によれば、1個の可動電極用パッド部38及び3個の基板電位固定用パッド部80の計4個のパッド部を、矩形板状の第2シリコン基板12の四隅部に対称的に配置しているため、これらパッド部（アルミニウム等）によって第2シリコン基板12へ発生する応力のバランスを均一化することができ、好ましい。

【0095】ここで、本例では、可動電極用及び基板電位固定用のパッド部が4個の場合を示したが、本例以外にも、可動電極用パッド部が1個、基板電位固定用パッド部が1個というように少なくとも2個のパッド部が必要である。その場合、矩形状の第2シリコン基板12の四隅部の少なくとも2箇所以上にワイヤボンディング用のパッド部を形成し、これら少なくとも2個のパッド部の一方を可動電極用パッド部、他方を基板電位固定用パッド部として構成することができ、好ましい。

【0096】可動電極や基板電位固定用のパッド部として構成される少なくとも2個のパッド部を、矩形板状の第2シリコン基板12における四隅部に形成すれば、これらのパッド部により第2シリコン基板12に発生する応力のバランスを、比較的均一化することができ、好ま

しい。

【0097】また、本センサ100によれば、可動電極30を、矩形状の第1の錐部31と、この第1の錐部31の四隅部から突出する第2の錐部32とを備えるものとしており、第1の錐部31に加えて更に第2の錐部32が設けられているため、可動電極30全体の重さを効果的に稼ぐことができる。

【0098】また、図1においては、各固定電極用引き出し部41～71は、固定電極40～70寄りの部位が幅広であり、パッド部42～72寄りの部位が狭くなっている凸字型形状をなしているが、各固定電極用引き出し部41～71の形状はこれに限定されるものではない。例えば、図4に示す様に、各固定電極用引き出し部41～71を、固定電極40～70側からパッド部42～72側にかけて幅が同一の形状としても良い。

【0099】（他の実施形態）なお、上記センサ100では、支持基板に形成された開口部21は矩形状であったが、開口部21は矩形状でなくとも他の幾何学的形状であっても良い。また、開口部21は、支持基板20の厚み方向を貫通するものでなくとも良く、例えば、犠牲層エッチング等により酸化膜13を除去し、第1シリコン基板11は残すことにより凹部を形成し、当該凹部を開口部として構成しても良い。

【0100】また、上記センサ100は、支持基板20上に半導体基板12が支持された形であったが、支持基板20はなくても良い。例えば、単一層のシリコン基板を本発明の半導体基板として用い、このシリコン基板に各電極、パッド部等を形成したものであっても良い。

【0101】また、本発明は加速度センサ以外にも、例えば角速度センサ等にも適用可能である。例えば、上記センサ100において、可動歯部36と第2の固定電極50、60とを用いて可動電極30を第2の方向Yへ駆動振動させる。X及びY方向と直交する軸回りに角速度が印加されたとき、可動電極30には第1の方向Xへコリオリ力が発生する。

【0102】この第1の方向Xへのコリオリ力は可動歯部36と第1の固定電極40、50の間の容量（第1の検出容量）変化として検出することができる。この要領に基づけば、駆動振動方向を第1の方向Xとしたとき、第2の方向Yへ発生するコリオリ力を検出することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係る半導体加速度センサの概略平面図である。

【図2】図1中のA-A線に沿った模式的な断面図である。

【図3】図1に示すセンサの製造方法を示す工程図である。

【図4】上記実施形態の変形例としての半導体加速度センサの概略平面図である。

【図5】本発明者が試作した2軸方向の加速度を検出可能な半導体加速度センサの概略平面図である。

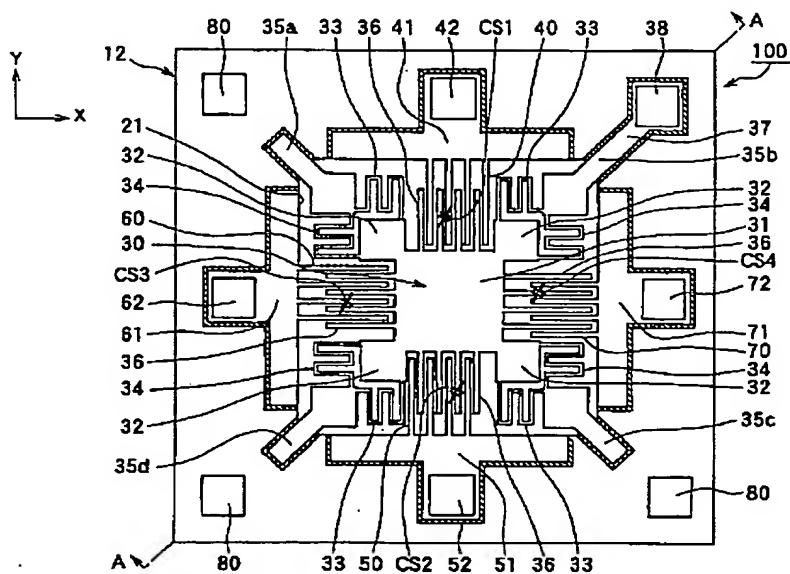
【図6】2軸方向の加速度を検出可能な半導体加速度センサにおける等価回路図である。

【符号の説明】

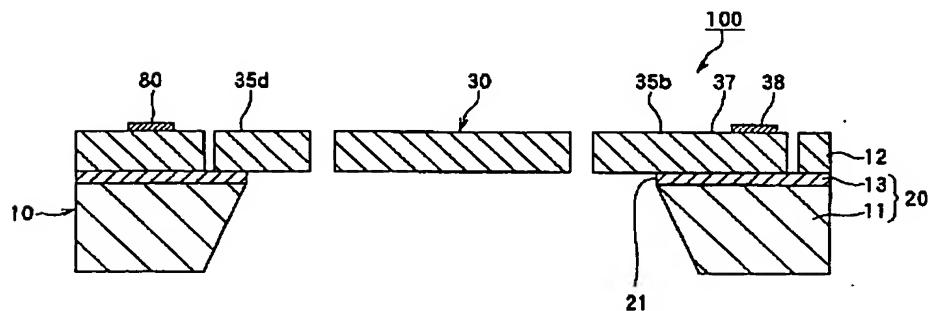
12…第2シリコン基板、20…支持基板、21…開口部、30…可動電極、31…第1の錘部、32…第2の

錘部、38…可動電極用パッド部、40、50…第1の固定電極、41、51…第1の固定電極に対応する固定電極用引き出し部、42、52…第1の固定電極に対応する固定電極用パッド部、60、70…第2の固定電極、61、71…第2の固定電極に対応する固定電極用引き出し部、62、72…第2の固定電極に対応する固定電極用パッド部、80…基板電位固定用パッド部。

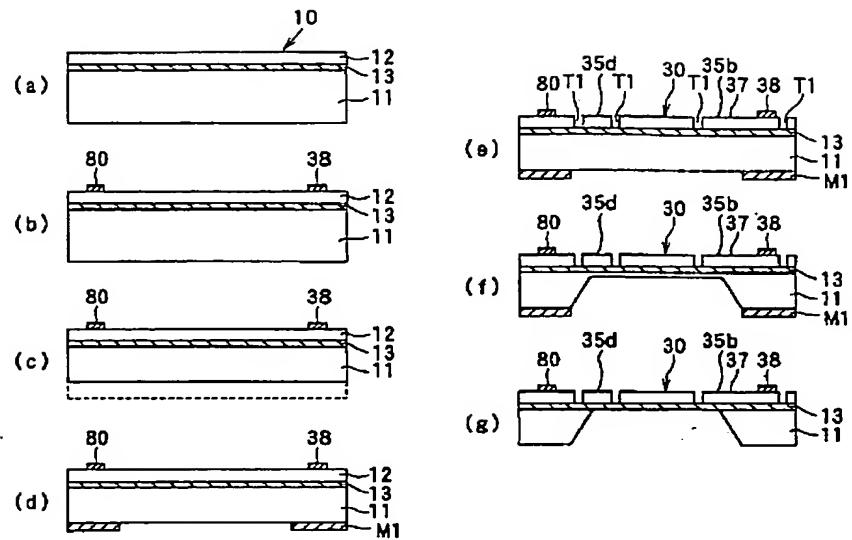
【図1】



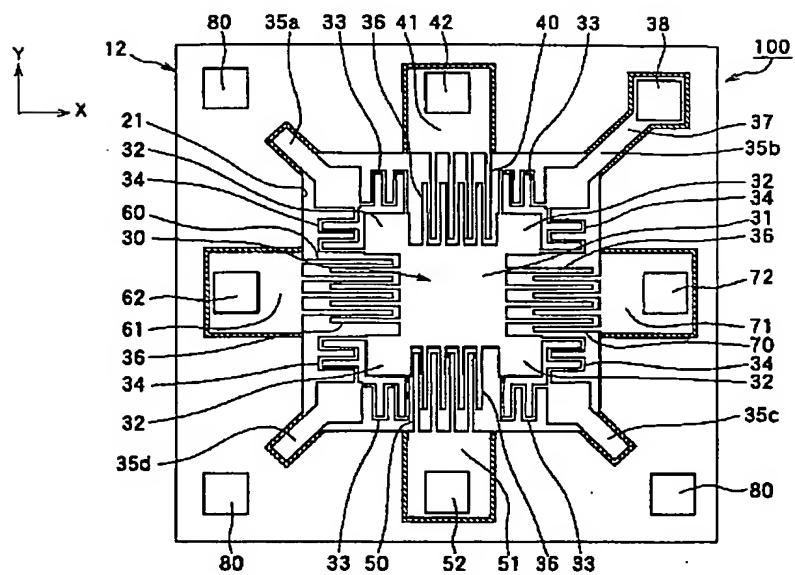
【図2】



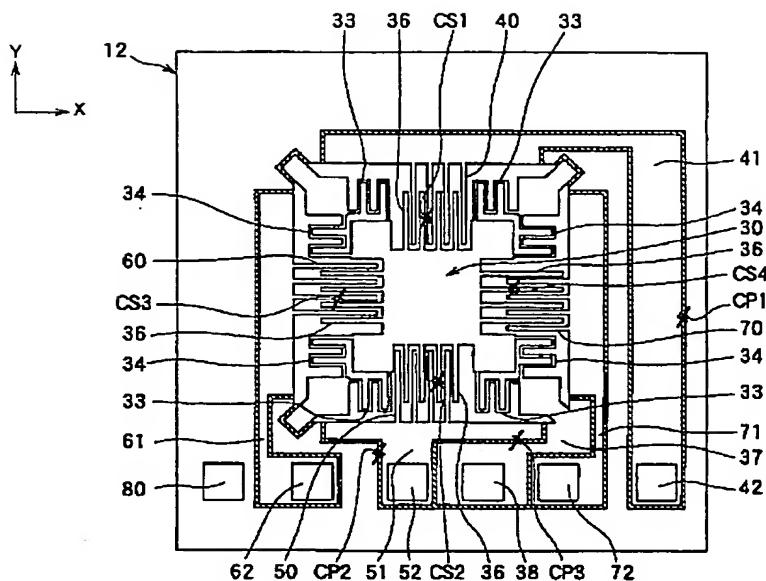
【図3】



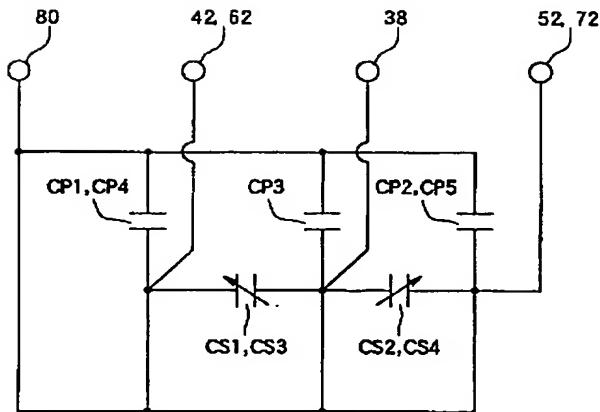
【図4】



【図5】



【図6】



## 【手続補正書】

【提出日】平成12年9月29日(2000.9.2)

9)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

## 【補正内容】

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体よりなる半導体基板(12)と、この半導体基板に形成され力学量の印加に応じて前記半導体基板と平行な面内にて相直交する第1の方向(X)及び第2の方向(Y)へ変位可能な可動電極(30)

と、

前記半導体基板のうち前記第2の方向に沿った前記可動電極の両端の外周部にそれぞれ形成され前記可動電極との間に第1の検出容量(CS1, CS2)を形成する一对の第1の固定電極(40, 50)と、

前記半導体基板のうち前記第1の方向に沿った前記可動電極の両端の外周部にそれぞれ形成され前記可動電極との間に第2の検出容量(CS3, CS4)を形成する一对の第2の固定電極(60, 70)とを備え、

力学量の印加に応じて前記可動電極が前記第1の方向へ変位したとき、前記一对の第1の検出容量の変化に基づいて印加力学量を検出するようにし、

力学量の印加に応じて前記可動電極が前記第2の方向へ変位したとき、前記一対の第2の検出容量の変化に基づいて印加力学量を検出するようにした半導体力学量センサであって、

前記半導体基板のうち前記可動電極からみて個々の前記第1及び第2の固定電極の外周部には、個々の前記固定電極毎に電気的に接続された引き出し部（41、51、61、71）と、この引き出し部と電気的に接続された外部接続用のパッド部（42、52、62、72）とが形成されていることを特徴とする半導体力学量センサ。

【請求項2】 前記半導体基板（12）は、一面側に開口する矩形状の開口部（21）を有する支持基板（20）の一面側に支持されており、前記可動電極（30）は、前記開口部の略中央部に位置しており、前記第1及び第2の固定電極（40～70）の各々は、前記開口部の各辺にそれぞれ振り分けられて配置されており、前記第1及び第2の固定電極の各々に対応する前記引き出し部（41～71）及び前記パッド部（42～72）も、前記開口部の各辺にそれぞれ振り分けられて配置されていることを特徴とする請求項1に記載の半導体力学量センサ。

【請求項3】 前記第1及び第2の固定電極（40～70）の各々、前記第1及び第2の固定電極の各々に対応する前記引き出し部（41～71）及び前記パッド部（42～72）は、前記可動電極（30）を中心として対称に配置されていることを特徴とする請求項1または2に記載の半導体力学量センサ。

【請求項4】 前記第1の固定電極（40、50）の各々に対応する前記引き出し部（41、51）及び前記パッド部（42、52）は、前記第2の方向（Y）に沿って配置されており、

前記第2の固定電極（60、70）の各々に対応する前記引き出し部（61、71）及び前記パッド部（62、72）は、前記第1の方向（X）に沿って配置されていることを特徴とする請求項3に記載の半導体力学量センサ。

【請求項5】 前記半導体基板（12）は矩形板状であり、

前記半導体基板の四隅部の少なくとも2箇所以上にワイヤボンディング用のパッド部（38、80）が形成されており、

これら少なくとも2個のパッド部の一方は、前記可動電極（30）と電気的に接続された可動電極用パッド部（38）であり、他方は前記半導体基板の電位を固定するための基板電位固定用パッド部（80）であることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1つに記載の半導体力学量センサ。

【請求項6】 前記可動電極（30）は、矩形状の第1の錐部（31）と、この第1の錐部の四隅部から突出する第2の錐部（32）とを備えるものであることを特徴

とする請求項1ないし5のいずれか1つに記載の半導体力学量センサ。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】ここで、Y方向に沿った可動電極30の両端の外周部に形成された一対の固定電極40、50を第1の固定電極とすると、互いに対向する第1の固定電極40、50と可動電極30の可動櫛歯部36との間に第1の検出容量が形成される。この第1の検出容量は、一方（図中、上側）の第1の固定電極40と可動櫛歯部36との間の検出容量CS1と、他方（図中、下側）の第1の固定電極50と可動櫛歯部36との間の検出容量CS2とによりなる。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正内容】

【0010】また、X方向に沿った可動電極30の両端の外周部に形成された一対の固定電極60、70を第2の固定電極とすると、互いに対向する第2の固定電極60、70と可動電極30の可動櫛歯部36との間に第2の検出容量が形成される。この第2の検出容量は、一方（図中、左側）の第2の固定電極60と可動櫛歯部36との間の検出容量CS3と、他方（図中、右側）の第2の固定電極70と可動櫛歯部36との間の検出容量CS4とによりなる。これら各検出容量CS1～CS4は、図5中にコンデンサ記号にて示してある。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0030

【補正方法】変更

【補正内容】

【0030】さらに、請求項4記載の発明によれば、第1の固定電極（40、50）の各々に対応する引き出し部（41、51）及びパッド部（42、52）を、第2の方向（Y）に沿って配置し、第2の固定電極（60、70）の各々に対応する引き出し部（61、71）及びパッド部（62、72）を、第1の方向（X）に沿って配置したことを特徴としている。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0048

【補正方法】変更

【補正内容】

【0048】また、固定電極40～70は、第2シリコン基板12のうち第2の方向Yに沿った可動電極30の

両端の外周部にそれぞれ形成され、可動電極30との間に第1の検出容量CS1、CS2を形成する一对の第1の固定電極40、50と、第1の方向Xに沿った可動電極30の両端の外周部にそれぞれ形成され、可動電極30との間に第2の検出容量CS3、CS4を形成する一对の第2の固定電極60、70とにより構成されている。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0057

【補正方法】変更

【補正内容】

【0057】更に本例では、第1の固定電極40、50の各々に対応する固定電極用引き出し部41、51及び固定電極用パッド部42、52は、第2の方向Yに沿って配置されており、第2の固定電極60、70の各々に対応する固定電極用引き出し部61、71及び固定電極用パッド部62、72は、第1の方向Xに沿って配置されている。